

# 52. IWK

Internationales Wissenschaftliches Kolloquium  
International Scientific Colloquium



**PROCEEDINGS**

| 10 - 13 September 2007

## **FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND AUTOMATION**



## **COMPUTER SCIENCE MEETS AUTOMATION**

### **VOLUME II**

**Session 6 - Environmental Systems: Management and Optimisation**

**Session 7 - New Methods and Technologies for Medicine and  
Biology**

**Session 8 - Embedded System Design and Application**

**Session 9 - Image Processing, Image Analysis and Computer Vision**

**Session 10 - Mobile Communications**

**Session 11 - Education in Computer Science and Automation**

## **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**ISBN 978-3-939473-17-6**

### **Impressum**

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Kongressorganisation  
Andrea Schneider  
Tel.: +49 3677 69-2520  
Fax: +49 3677 69-1743  
e-mail: [kongressorganisation@tu-ilmenau.de](mailto:kongressorganisation@tu-ilmenau.de)
- Redaktionsschluss: Juli 2007
- Verlag:   
Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek  
Universitätsverlag Ilmenau  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau  
[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)
- Herstellung und Auslieferung: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG  
Am Hawerkamp 31  
48155 Münster  
[www.mv-verlag.de](http://www.mv-verlag.de)
- Layout Cover: [www.cey-x.de](http://www.cey-x.de)
- Bezugsmöglichkeiten: Universitätsbibliothek der TU Ilmenau  
Tel.: +49 3677 69-4615  
Fax: +49 3677 69-4602

**© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2007**

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

## Preface

Dear Participants,

Confronted with the ever-increasing complexity of technical processes and the growing demands on their efficiency, security and flexibility, the scientific world needs to establish new methods of engineering design and new methods of systems operation. The factors likely to affect the design of the smart systems of the future will doubtless include the following:

- As computational costs decrease, it will be possible to apply more complex algorithms, even in real time. These algorithms will take into account system nonlinearities or provide online optimisation of the system's performance.
- New fields of application will be addressed. Interest is now being expressed, beyond that in "classical" technical systems and processes, in environmental systems or medical and bioengineering applications.
- The boundaries between software and hardware design are being eroded. New design methods will include co-design of software and hardware and even of sensor and actuator components.
- Automation will not only replace human operators but will assist, support and supervise humans so that their work is safe and even more effective.
- Networked systems or swarms will be crucial, requiring improvement of the communication within them and study of how their behaviour can be made globally consistent.
- The issues of security and safety, not only during the operation of systems but also in the course of their design, will continue to increase in importance.

The title "Computer Science meets Automation", borne by the 52<sup>nd</sup> International Scientific Colloquium (IWK) at the Technische Universität Ilmenau, Germany, expresses the desire of scientists and engineers to rise to these challenges, cooperating closely on innovative methods in the two disciplines of computer science and automation.

The IWK has a long tradition going back as far as 1953. In the years before 1989, a major function of the colloquium was to bring together scientists from both sides of the Iron Curtain. Naturally, bonds were also deepened between the countries from the East. Today, the objective of the colloquium is still to bring researchers together. They come from the eastern and western member states of the European Union, and, indeed, from all over the world. All who wish to share their ideas on the points where "Computer Science meets Automation" are addressed by this colloquium at the Technische Universität Ilmenau.

All the University's Faculties have joined forces to ensure that nothing is left out. Control engineering, information science, cybernetics, communication technology and systems engineering – for all of these and their applications (ranging from biological systems to heavy engineering), the issues are being covered.

Together with all the organizers I should like to thank you for your contributions to the conference, ensuring, as they do, a most interesting colloquium programme of an interdisciplinary nature.

I am looking forward to an inspiring colloquium. It promises to be a fine platform for you to present your research, to address new concepts and to meet colleagues in Ilmenau.



Professor Peter Scharff  
Rector, TU Ilmenau



Professor Christoph Ament  
Head of Organisation







# CONTENTS

	Page
<b>6 Environmental Systems: Management and Optimisation</b>	
T. Bernard, H. Linke, O. Krol A Concept for the long term Optimization of regional Water Supply Systems as a Module of a Decision Support System	3
S. Röhl, S. Hopfgarten, P. Li A groundwater model for the area Darkhan in Kharaa river Th. Bernard, H. Linke, O. Krol basin	11
A. Khatanbaatar Altantuul The need designing integrated urban water management in cities of Mongolia	17
T. Rauschenbach, T. Pfützenreuter, Z. Tong Model based water allocation decision support system for Beijing	23
T. Pfützenreuter, T. Rauschenbach Surface Water Modelling with the Simulation Library ILM-River	29
D. Karimanzira, M. Jacobi Modelling yearly residential water demand using neural networks	35
Th. Westerhoff, B. Scharaw Model based management of the drinking water supply system of city Darkhan in Mongolia	41
N. Buyankhishig, N. Batsukh Pumping well optimi ation in the Shivee-Ovoo coal mine Mongolia	47
S. Holzmüller-Laue, B. Göde, K. Rimane, N. Stoll Data Management for Automated Life Science Applications	51
N. B. Chang, A. Gonzalez A Decision Support System for Sensor Deployment in Water Distribution Systems for Improving the Infrastructure Safety	57
P. Hamolka, I. Vrublevsky, V. Parkoun, V. Sokol New Film Temperature And Moisture Microsensors for Environmental Control Systems	63
N. Buyankhishig, M. Masumoto, M. Aley Parameter estimation of an unconfined aquifer of the Tuul River basin Mongolia	67

M. Jacobi, D. Karimanzira	73
Demand Forecasting of Water Usage based on Kalman Filtering	

## **7 New Methods and Technologies for Medicine and Biology**

J. Meier, R. Bock, L. G. Nyúl, G. Michelson	81
Eye Fundus Image Processing System for Automated Glaucoma Classification	
L. Hellrung, M. Trost	85
Automatic focus depending on an image processing algorithm for a non mydriatic fundus camera	
M. Hamsch, C. H. Igney, M. Vauhkonen	91
A Magnetic Induction Tomography System for Stroke Classification and Diagnosis	
T. Neumuth, A. Pretschner, O. Burgert	97
Surgical Workflow Monitoring with Generic Data Interfaces	
M. Pfaff, D. Woetzel, D. Driesch, S. Toepfer, R. Huber, D. Pohlers, D. Koczan, H.-J. Thiesen, R. Guthke, R. W. Kinne	103
Gene Expression Based Classification of Rheumatoid Arthritis and Osteoarthritis Patients using Fuzzy Cluster and Rule Based Method	
S. Toepfer, S. Zellmer, D. Driesch, D. Woetzel, R. Guthke, R. Gebhardt, M. Pfaff	107
A 2-Compartment Model of Glutamine and Ammonia Metabolism in Liver Tissue	
J. C. Ferreira, A. A. Fernandes, A. D. Santos	113
Modelling and Rapid Prototyping an Innovative Ankle-Foot Orthosis to Correct Children Gait Pathology	
H. T. Shandiz, E. Zahedi	119
Noninvasive Method in Diabetic Detection by Analyzing PPG Signals	
S. V. Drobot, I. S. Asayenok, E. N. Zacepin, T. F. Sergiyenko, A. I. Svirnovskiy	123
Effects of Mm-Wave Electromagnetic Radiation on Sensitivity of Human Lymphocytes to Ionizing Radiation and Chemical Agents in Vitro	

## **8 Embedded System Design and Application**

B. Däne	131
Modeling and Realization of DMA Based Serial Communication for a Multi Processor System	



M. Müller, A. Pacholik, W. Fengler Tool Support for Formal System Verification	137
A. Pretschner, J. Alder, Ch. Meissner A Contribution to the Design of Embedded Control Systems	143
R. Ubar, G. Jervan, J. Raik, M. Jenihhin, P. Ellervee Dependability Evaluation in Fault Tolerant Systems with High-Level Decision Diagrams	147
A. Jutmann On LFSR Polynomial Calculation for Test Time Reduction	153
M. Rosenberger, M. J. Schaub, S. C. N. Töpfer, G. Linß Investigation of Efficient Strain Measurement at Smallest Areas Applying the Time to Digital (TDC) Principle	159
 <b>9 Image Processing, Image Analysis and Computer Vision</b>	
J. Meyer, R. Espiritu, J. Earthman Virtual Bone Density Measurement for Dental Implants	167
F. Erfurth, W.-D. Schmidt, B. Nyuyki, A. Scheibe, P. Saluz, D. Faßler Spectral Imaging Technology for Microarray Scanners	173
T. Langner, D. Kollhoff Farbbasierte Druckbildinspektion an Rundkörpern	179
C. Lucht, F. Gaßmann, R. Jahn Inline-Fehlerdetektion auf freigeformten, texturierten Oberflächen im Produktionsprozess	185
H.-W. Lahmann, M. Stöckmann Optical Inspection of Cutting Tools by means of 2D- and 3D-Imaging Processing	191
A. Melitzki, G. Stanke, F. Weckend Bestimmung von Raumpositionen durch Kombination von 2D-Bildverarbeitung und Mehrfachlinienlasertriangulation - am Beispiel von PKW-Stabilisatoren	197
F. Boochs, Ch. Raab, R. Schütze, J. Traiser, H. Wirth 3D contour detection by means of a multi camera system	203

M. Brandner Vision-Based Surface Inspection of Aeronautic Parts using Active Stereo	209
H. Lettenbauer, D. Weiss X-ray image acquisition, processing and evaluation for CT-based dimensional metrology	215
K. Sickel, V. Daum, J. Hornegger Shortest Path Search with Constraints on Surface Models of In-the-ear Hearing Aids	221
S. Husung, G. Höhne, C. Weber Efficient Use of Stereoscopic Projection for the Interactive Visualisation of Technical Products and Processes	227
N. Schuster Measurement with subpixel-accuracy: Requirements and reality	233
P. Brückner, S. C. N. Töpfer, M. Correns, J. Schnee Position- and colour-accurate probing of edges in colour images with subpixel resolution	239
E. Sparrer, T. Machleidt, R. Nestler, K.-H. Franke, M. Niebelschütz Deconvolution of atomic force microscopy data in a special measurement mode – methods and practice	245
T. Machleidt, D. Kapusi, T. Langner, K.-H. Franke Application of nonlinear equalization for characterizing AFM tip shape	251
D. Kapusi, T. Machleidt, R. Jahn, K.-H. Franke Measuring large areas by white light interferometry at the nanopositioning and nanomeasuring machine (NPM)M)	257
R. Burdick, T. Lorenz, K. Bobey Characteristics of High Power LEDs and one example application in with-light-interferometry	263
T. Koch, K.-H. Franke Aspekte der strukturbasierten Fusion multimodaler Satellitendaten und der Segmentierung fusionierter Bilder	269
T. Riedel, C. Thiel, C. Schmallius A reliable and transferable classification approach towards operational land cover mapping combining optical and SAR data	275
B. Waske, V. Heinzl, M. Braun, G. Menz Classification of SAR and Multispectral Imagery using Support Vector Machines	281

V. Heinzl, J. Franke, G. Menz Assessment of differences in multisensoral remote sensing imageries caused by discrepancies in the relative spectral response functions	287
I. Aksit, K. Bunger, A. Fassbender, D. Frekers, Chr. Gotze, J. Kemenas An ultra-fast on-line microscopic optical quality assurance concept for small structures in an environment of man production	293
D. Hofmann, G. Linss Application of Innovative Image Sensors for Quality Control	297
A. Jablonski, K. Kohrt, M. Bohm Automatic quality grading of raw leather hides	303
M. Rosenberger, M. Schellhorn, P. Bruckner, G. Lin Uncompressed digital image data transfer for measurement techniques using a two wire signal line	309
R. Blaschek, B. Meffert Feature point matching for stereo image processing using nonlinear filters	315
A. Mitsiukhin, V. Pachynin, E. Petrovskaya Hartley Discrete Transform Image Coding	321
S. Hellbach, B. Lau, J. P. Eggert, E. Korner, H.-M. Gro Multi-Cue Motion Segmentation	327
R. R. Alavi, K. Brie Image Processing Algorithms for Using a Moon Camera as Secondary Sensor for a Satellite Attitude Control System	333
S. Bauer, T. Doring, F. Meysel, R. Reulke Traffic Surveillance using Video Image Detection Systems	341
M. A-Megeed Salem, B. Meffert Wavelet-based Image Segmentation for Traffic Monitoring Systems	347
E. Einhorn, C. Schroter, H.-J. Bohme, H.-M. Gro A Hybrid Kalman Filter Based Algorithm for Real-time Visual Obstacle Detection	353
U. Knauer, R. Stein, B. Meffert Detection of opened honeybee brood cells at an early stage	359

## 10 Mobile Communications

K. Ghanem, N. Zamin-Khan, M. A. A. Kalil, A. Mitschele-Thiel Dynamic Reconfiguration for Distributing the Traffic Load in the Mobile Networks	367
N. Z.-Khan, M. A. A. Kalil, K. Ghanem, A. Mitschele-Thiel Generic Autonomic Architecture for Self-Management in Future Heterogeneous Networks	373
N. Z.-Khan, K. Ghanem, St. Leistritz, F. Liers, M. A. A. Kalil, H. Kärst, R. Böringer Network Management of Future Access Networks	379
St. Schmidt, H. Kärst, A. Mitschele-Thiel Towards cost-effective Area-wide Wi-Fi Provisioning	385
A. Yousef, M. A. A. Kalil A New Algorithm for an Efficient Stateful Address Autoconfiguration Protocol in Ad hoc Networks	391
M. A. A. Kalil, N. Zamin-Khan, H. Al-Mahdi, A. Mitschele-Thiel Evaluation and Improvement of Queueing Management Schemes in Multihop Ad hoc Networks	397
M. Ritzmann Scientific visualisation on mobile devices with limited resources	403
R. Brecht, A. Kraus, H. Krömker Entwicklung von Produktionsrichtlinien von Sport-Live-Berichterstattung für Mobile TV Übertragungen	409
N. A. Tam RCS-M: A Rate Control Scheme to Transport Multimedia Traffic over Satellite Links	421
Ch. Kellner, A. Mitschele-Thiel, A. Diab Performance Evaluation of MIFA, HMIP and HAWAII	427
A. Diab, A. Mitschele-Thiel MIFAv6: A Fast and Smooth Mobility Protocol for IPv6	433
A. Diab, A. Mitschele-Thiel CAMP: A New Tool to Analyse Mobility Management Protocols	439

## **11 Education in Computer Science and Automation**

S. Bräunig, H.-U. Seidel Learning Signal and Pattern Recognition with Virtual Instruments	447
St. Lambeck Use of Rapid-Control-Prototyping Methods for the control of a nonlinear MIMO-System	453
R. Pittschellis Automatisierungstechnische Ausbildung an Gymnasien	459
A. Diab, H.-D. Wuttke, K. Henke, A. Mitschele-Thiel, M. Ruhwedel MAeLE: A Metadata-Driven Adaptive e-Learning Environment	465
V. Zöppig, O. Radler, M. Beier, T. Ströhla Modular smart systems for motion control teaching	471
N. Pranke, K. Froitzheim The Media Internet Streaming Toolbox	477
A. Fleischer, R. Andreev, Y. Pavlov, V. Terzieva An Approach to Personalized Learning: A Technique of Estimation of Learners Preferences	485
N. Tsyrelchuk, E. Ruchaevskaia Innovational pedagogical technologies and the Information educational medium in the training of the specialists	491
Ch. Noack, S. Schwintek, Ch. Ament Design of a modular mechanical demonstration system for control engineering lectures	497



M. Melitzki / G. Stanke / F. Weckend

## **Bestimmung von Raumpositionen durch Kombination von 2D-Bildverarbeitung und Mehrfachlinienlasertriangulation – am Beispiel von PKW-Stabilisatoren<sup>1</sup>**

### **ABSTRACT**

A system for the measuring of space positions of elements relevant for mounting of mechanical parts is presented. The measurement is performed combining 2D image processing in parallel with multiple laser line triangulations. The development is done for a bending machine for the compensation of deformations of car stabilizers suffering deformations during cooling. Two measuring systems are used one for each end. Existing results of the 2D-image processing and of 3D-measurement were purposefully extended and the results of both procedures were merged and used for a bending simulation process. The implemented measurement concept proved as durably and sufficiently flexible, it resulted in the necessary accuracy in the range better 0.1 mm.

### **MOTIVATION**

In Fertigungsprozessen der Fahrzeugindustrie sind zunehmend Bauteilkomponenten mit komplizierten Geometrien anzutreffen. Typische Beispiele sind 3-dimensional gebogene Massivrundstäbe für PKW-

Stabilisatoren, die für die Querstabilität des Fahr-



Abb. 1: PKW-Stabilisator

zeugs verantwortlich sind. Die gebogenen Stäbe besitzen je nach Fahrzeugtyp und Einsatzzweck eine Länge zwischen 1200 und 2500 mm und einen Durchmesser von 15 – 100 mm. Bei der Warmformtechnologie wird das auf ein definiertes Längenmaß geschnittene Stabmaterial nach der Erwärmung in einer Biegemaschine in die gewünschte Geometrie gebracht. Die fertig gebogenen Teile werden vergütet, um die geforderten mechanischen Gebrauchseigenschaften einzustellen. Während des

---

<sup>1</sup> BMWi-gefördertes Kooperationsprojekt (PRO INNO II, KF0030704LF5) „Automatisches System zum Vermessen und Richten von 3-dimensional gebogenen Massivrundstäben (STAB)“

Abschreckens im Vergütungsvorgang kommt es zu einer schlagartigen Umwandlung des Gefüges und in Folge dessen auch zu Verzügen der Bauteile. Der eingetretene Verzug muss mit höchster Genauigkeit vermessen und bei Überschreitung der zulässigen Toleranzen nachgerichtet werden [1]. Der Mess- und Nachrichtvorgang passiert heute aufwendig von Hand. Dieser Prozess ist durch eine automatisierte Mess- und Biegevorrichtung, die neben der Messung und dem mechanischen Biegen auch eine Biegesimulation umfasst, effektiver und zuverlässiger zu gestalten.

## SYSTEMANSÄTZE / MESSAUFBAU

Für die Vermessung 3-dimensionaler Objekte liegen unterschiedliche Techniken vor. Von diesen wurden taktile und auf Stereokameras basierende ausgeschlossen. Versuchstechnisch realisiert und auf Eignung hin untersucht wurden zwei Ansätze. Zum einen wurde ein laserbasierter intelligenter Triangulationssensor entlang der bekannten Grobgeometrie des Stabilisators verfahren und zum anderen wurde mit zwei festen Systemen die Raumlagen der montagerelevanten Stabilisatorflanschbohrungen links und rechts vermessen. Der erste Ansatz liefert die komplette Stabisometrie, einschließlich der Bohrungspositionen. Vorteilhaft bei

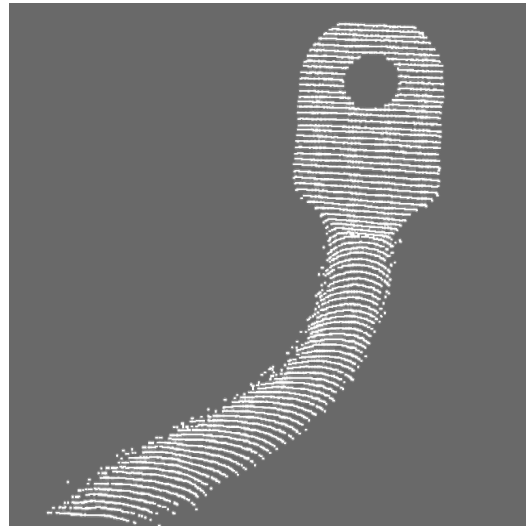


Abb. 2: Punktwolke eines Stabilisatorendes

diesem Ansatz ist, dass ein Umrüsten auf einen neuen Stabilisortyp lediglich durch eine Umprogrammierung der Bewegungsbahn realisiert werden kann. Zu beachten sind die Scanzeiten von einigen Sekunden und der Aufwand für das Verfahren des Triangulationssensors in mehreren Achsen. Die mit diesem Ansatz erreichten Genauigkeiten erfüllen die Anwenderanforderungen. Der zweite Ansatz geht von je einer Kamera und einem Dreifachlaserlinienprojektor an jedem Stabilisatorende aus. Mit diesem Aufbau kann sowohl das Bohrloch des Flansches im Durchlicht beobachtet, wie auch die Kamera/Projektor Kombination als Mehrfachlinientriangulator eingesetzt werden. Vorteil dieses Ansatzes sind sehr kurze Messzeiten sowie fest aneinander angebundene Geometrien der 2D-Messung und der Triangulation. Zu beachten sind die Auswahl der geeigneten Mehrfachlinienprojektoren (realisierte Winkel) und die rigide geometrische Anpassung an einen Stabilisortyp. Die Orientierungen der Beobach-



tungskameras sind so eingestellt, dass ihre optischen Achsen mit den Achsen der Bohrlöcher übereinstimmen. Auch mit diesem Systemansatz sind die Genauigkeitsvorgaben erfüllbar. Die Einfachheit, insbesondere die der Integration in eine Richtmaschine, sprach für die Realisierung genau dieses Ansatzes.

## BERECHNUNG DER RAUMPOSITIONEN

Die montagerelevante Raumposition der beiden Stabilisatoren sind durch die Mittelpunkte der Flanschbohrungen in  $x$ ,  $y$  und  $z$  sowie durch den „Aufbiegungswinkel“ **alpha** der Stabilisatoren sowie den Winkel deren Verschränkung **beta** bestimmt. Die Abbildung 3 zeigt ein Stabilisatorende aus zwei Sichtpositionen, wobei die jeweiligen Koordinaten und Winkel gekennzeichnet sind. Entsprechend dem gewählten Ansatz werden  $x$  und  $y$  durch eine Approximation des Bohrlochmittelpunktes in einer (2D-)Durchlichtaufnahme bestimmt. Die  $z$ -Position des Bohrlochmittelpunktes liegt in der vorderen Flanschebene und ist über die Triangulation für die Position der oberen Laserlinie definiert. Der Winkel der Verschränkung **alpha** ergibt sich aus dem

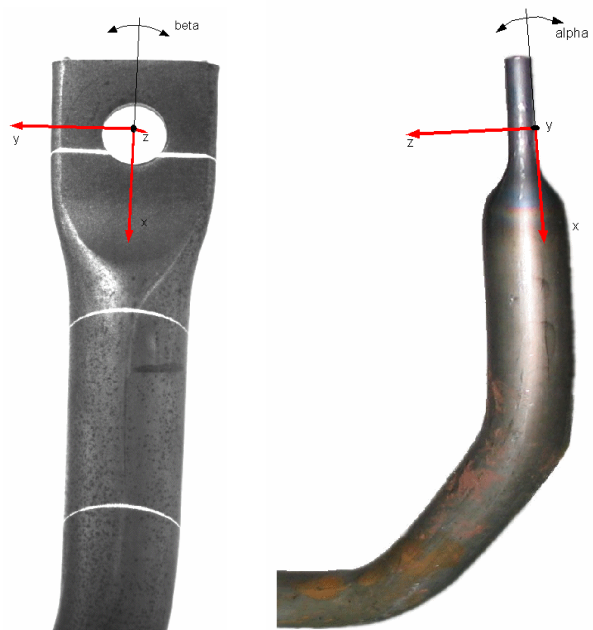


Abb. 3: Auf- und Seitensicht auf ein Flanschende des Stabilisators, Aufsicht mit 3 Laserlinien

Verlauf der zylindrischen Bereiche in der Durchlichtaufnahme. Der Winkel der Aufbiegung wird mit Hilfe der  $z$ -Positionen der unteren beiden Laserlinien gewonnen. Damit sind die für die Berechnung der Biegekorrektur notwendigen Werte komplett.

Das Messsystem ist in sich komplett kalibriert, sowohl hinsichtlich der Objektiv- und Kameraparameter wie auch hinsichtlich der drei realisierten Laserlinientriangulatoren. Für diese Kalibrierung wurden die Verfahren und Programmmodule aus [2], die auf [3] zurückgehen, genutzt und für den Mehrfachlinienansatz erweitert [4]. Bildverarbeitungstechnisch waren die sowohl im Labor wie auch am Aufstellort der Richtmaschine vorhandenen Nebenlichteffekte zu unterdrücken, um unverfälschte Messwerte zu erhalten. Geleistet wurde dies durch eine Schaltung der Laser, so dass sowohl Bilder mit wie auch ohne Laser gewonnen werden konnten und über Maskenbildung und Differenzbilder der Spiegelungseffekte (vgl. Abb. 3) zu eliminieren waren. Die notwendige Binarisierung

erfolgte über eine adaptive Schwellwertbildung, um im Wesentlichen auf Spiegelungseffekte innerhalb der Bohrungszylinder zu reagieren. Die Homogenisierung der Linieninformation erfolgte über morphologische Filter [5]. Für die Detektion der Linien selber konnten die Suchbereiche stark eingeschränkt werden, da a priori bekannt war, dass die eintretenden Maßabweichungen der Stabilisatoren ein bekanntes Maß nicht überschreiten. Die Maßbestimmung selber erfolgt für  $x$  und  $y$  über eine Schätzung des Kreismittelpunktes der sichtbaren Bohrung, alle anderen Maße basieren auf einer subpixelgenauen Bestimmung der Positionen der einzelnen Laserlinienpunkte, bei  $z$  mit anschließender Linienapproximation, wobei hier zu Unterdrückung von Ausreißern ein schrittweiser Ansatz gewählt wurde.

Relevant für den praktischen Einsatz sind die erreichte Wiederholgenauigkeiten der Messungen sowie die Standardabweichungen der Messwerte. Sowohl mit einem Versuchsaufbau im Labor wie auch nach der Integration der Messsysteme in die Richtmaschine konnte über Messreihen nachgewiesen werden, dass mit dem ansatzgemäßen einfachen Messprinzip Wiederholgenauigkeiten, die bei 0,1 mm, meist aber wesentlich darunter, liegen, zu erreichen sind.

## EINBINDUNG IN DIE RICHTMASCHINE

Für die An- und Einbindung in die Richtmaschine waren neben den funktionellen Erfordernissen geometrische Restriktionen für die Positionierung wie auch die Vorgaben für die Kommunikation mit der Maschinensteuerung einzuhalten. Das wesentliche Integrationsproblem bestand aber in der Anbindung der Koordinatensysteme der beiden Messsysteme an das Koordinatensystem der Richtmaschine. Diese Anbindung war notwendig, da die Berechnung und Ausgabe der Werte für die



Abb. 4: Kamera, Laserlinienprojektor und Kalibrierplatte montiert in der Richtmaschine – eine Seite

Wege der Biegestempel im Koordinatensystem der Maschine erfolgen musste. Für die Anbindung der Koordinatensysteme wurden Kalibrierplatten nach [3] so adaptiert, dass ihre hochgenaue Fertigung, ihr Montage in der Richtmaschine wie auch das Einmessen ihrer Lage im Koordinatensystem der Maschine möglich wurden. Da Kamera und Lasertriangulation an die Koordinaten der Kalibrierplatte angebunden sind, die Lage der Kalibrierplatten im Maschinenkoordinatensystem bekannt ist, können alle Messwerte, die in Kamerakoordinaten gewonnen wurden, in Maschinenkoordinaten umgerechnet werden. Mit diesen Messwerten erfolgt durch externe Programme eine Simulationsrechnung, die im Resultat der Maschine die Wege für die Biegestempel vorgibt. Nach erfolgter Biegung übernimmt das Messsystem wieder die Prüfung des Ergebnisses. Das Diagramm in Abb. 5 veranschaulicht einen Prozess des „Aufbiegens“ der Stabilisatorschenkel. Auf der waagerechten Achse sind die Stellwege des Biegezyinders in mm aufgetragen, auf der senkrechten die erreichten „Verbiegungen“ am Flanschende, auch in mm. Relevant sind in den Kurven der horizontal verlaufende Abschnitt am Anfang, er ist durch die Elastizität des Materials bedingt, und der weitestgehende lineare Verlauf der beiden beeinflussten Größen (hier  $z$  und  $x$ ) im Bereich der plastischen Verformung. Die Inhomogenität im mittleren Teil der Anstiege (bei dem Stellweg 2,1 mm) ist durch den Versuch, zweimal mit den gleichen Stellparametern zu biegen, erklärt.

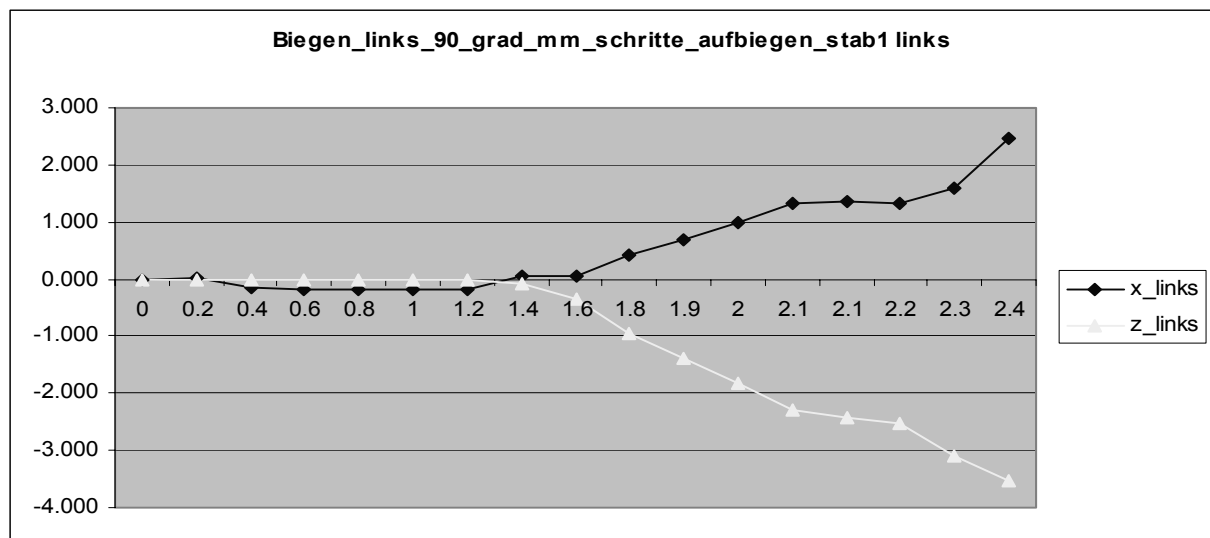


Abb. 5: Abhängigkeit der „Aufbiegung“ eines Stabilisators von den Stellwegen der Biegezyylinder

## ZUSAMMENFASSUNG

Vorgestellt wurde ein Verfahren für die Bestimmung von Raumpositionen (von Flanschbohrungen an beiden Enden von PKW-Stabilisatoren) durch Kombination von 2D-Bildverarbeitung und Mehrfachlinienlasertriangulation. Die Entwicklung erfolgte für die Ausrüstung einer Biegemaschine für das Richten von PKW-Stabilisatoren mit zwei Messsystemen. Vorhandene Ansätze der 2D-Bildverarbeitung wie auch der 3D-Vermessung wurden zielgerichtet erweitert und die gewonnenen Messwerte für eine Biegesimulation zusammengeführt. Das realisierte Gesamtkonzept erwies sich als robust und ausreichend flexibel, es brachte die erforderlichen Genauigkeiten im Bereich besser 0,1 mm.

### Referenzen:

- [1] "Automatisches System zum Vermessen und Richten von 3 dimensional gebogenen Massivrundstäben", Projekt Nr. KF0030704LF5, PRO INNO II, GFai, Berlin, 2005
- [2] Otto, M.: Entwicklung, Test und Optimierung eines Verfahrens für die Positions- und Orientierungsbestimmung von Betonfertigteilen, HUB, Institut f. Informatik, Berlin 2006
- [3] Zhang, Z.: A Flexible New Technique for Camera Calibration, <http://research.microsoft.com/~zhang/Papers/TR98-71.pdf>
- [4] Melitzki, M.: Entwicklung und Umsetzung eines bildbasierten Verfahrens zur räumlichen Vermessung von Kraftfahrzeugstabilisatoren, Diplomarbeit TFH Berlin, 2007
- [5] Sonka, M.; Hlavac, V.; Boyle, R.: Image Processing, Analysis and Machine Vision. Brooks/Cole, Pacific Grove, ISBN 0-534-95393-X, 1999

### Autoren:

Dipl.-Inf. Andreas Melitzki  
Prof. Dr. sc. techn. Gerd Stanke  
Dr. Frank Weckend  
Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.,  
Rudower Chaussee 30  
12489 Berlin  
Phone: +49 (0) 30 63921643  
Fax: +49 (0) 30 63921661  
E-mail: <name>@gfai.de